

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Курганский государственный университет»
(КГУ)

Кафедра «Механика машин и основы конструирования»



УТВЕРЖДАЮ:

Ректор

/ Н.В. Дубив /

«14» сентября 2020 г.

Рабочая программа учебной дисциплины
ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ

образовательной программы высшего образования –
программы специалитета

01.05.01 Фундаментальные математика и механика

Направленность (профиль):

Математическое и компьютерное моделирование механических систем

Формы обучения: очная

Курган 2020

Рабочая программа дисциплины «Теория упругости и пластичности» составлена в соответствии с учебными планами по программе специалитета Фундаментальные математика и механика (Математическое и компьютерное моделирование механических систем), утвержденной «28» августа 2020 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Механика машин и основы конструирования» «11» сентября 2020 года, протокол № 1.

Рабочую программу составил

к.т.н., доцент кафедры

Д.А. Курасов

Согласовано:

Заведующий кафедрой
«Механика машин и
основы конструирования»

Д.А. Курасов

Специалист по учебно-методической работе
Учебно-методического отдела

Г.В. Казанкова

1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 4 зачетных единицы трудоемкости (144 академических часа).

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		9
Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов в том числе:	48	48
Лекции	32	32
Практические занятия	16	16
Самостоятельная работа, всего часов в том числе:	96	96
Подготовка к экзамену	27	27
Другие виды самостоятельной работы	69	69
Вид промежуточной аттестации	экзамен	экзамен
Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов	144	144

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Теория упругости и пластичности» относится к части Блока 1, формируемой участниками образовательных отношений. Является обязательной дисциплиной вариативной части.

Изучение дисциплины базируется на результатах обучения, сформированных при изучении следующих дисциплин:

- Математический анализ;
- Физика;
- Теоретическая механика;
- Сопротивление материалов;
- Теория пластин и оболочек;
- Механика сплошных сред.

Результаты обучения по дисциплине необходимы для выполнения дипломной работы.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Целью освоения дисциплины «Теория упругости и пластичности» является формирование у обучаемых знаний о принципах и методах расчёта напряжённо-деформированного состояния машиностроительных конструкций в упругой и пластической стадиях.

Задачами дисциплины является изучение основных уравнений теории упругости и пластичности как математических моделей, основанных на законах механики, и методов использования их в инженерных расчётах.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способность выполнять научно-исследовательские работы в области проведения механических испытаний с использованием современных вычислительных методов и наукоемких компьютерных технологий (ПК-2);
- способность участвовать в проектировании машин и конструкций с целью расчётов их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надёжности и износостойкости узлов и деталей машин механических систем (ПК-8).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- знать базовые допущения, принятые в теориях упругости и пластичности, системы уравнений и их физический смысл; основные приёмы решения задач теорий упругости и пластичности (для ПК-8);
- уметь осуществлять постановку задачи, выбирать расчётные схемы и способ решения задачи; анализировать полученные результаты расчёта напряжённо-деформированного состояния тела (для ПК-2);
- владеть навыками решения плоской задачи теории упругости в полиномах, тригонометрических рядах; навыками определения предельных нагрузок; численным расчетом балок в упруго-пластической стадии (для ПК-2, ПК-8).

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Учебно-тематический план

Рубеж	Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем	
			Лекции	Практич. занятия
Рубеж 1	1	Теория напряжённо-деформированного состояния в точке	4	1
	2	Основные уравнения теории упругости	4	1
	3	Вариационная формулировка задач теории упругости	4	
	4	Плоская задача теории упругости	2	2
	5	Объёмные задачи теории упругости	2	2
			Рубежный контроль № 1	-
Рубеж 2	6	Приближённые методы решения линейных задач теории упругости	4	
	7	Основы расчёта тел из упругопластического материала	6	3
	8	Основы расчёта вязкоупругих тел	6	3
			Рубежный контроль № 2	-
Всего:			32	16

4.2. Содержание лекционных занятий

Тема 1. Теория напряжённо-деформированного состояния в точке

Введение. Цели и задачи изучения дисциплины.

Нагрузки и напряжения. Тензор напряжений. Главные напряжения. Наибольшие касательные напряжения. Октаэдрическое касательное напряжение. Разложение тензора напряжений на шаровой тензор и девиатор напряжений. Интенсивность напряжений.

Перемещения и деформации в точке тела. Тензор деформаций. Главные деформации. Шаровой тензор деформаций и девиатор деформаций. Интенсивность деформаций.

Тема 2. Основные уравнения теории упругости

Три группы основных уравнений. Уравнения равновесия элемента тела (статические уравнения). Геометрические уравнения. Уравнения совместности деформаций. Физические уравнения теории упругости. Понятие о методе напряжений и методе перемещений. Принцип Сен-Венана.

Тема 3. Вариационная формулировка задач теории упругости

Энергия деформируемого тела как функционал. Вариационный принцип Лагранжа. Связь между вариационной и дифференциальной формули-

ровками задач теории упругости. Метод Ритца. Принцип Кастильяно. Применение принципа Кастильяно для приближённого решения задач теории упругости. Понятие о других вариационных принципах.

Тема 4. Плоская задача теории упругости

Плоское напряжённое состояние и плоская деформация. Основные уравнения плоской задачи. Разрешающие уравнения в перемещениях и напряжениях. Использование функции напряжений. Элементарные решения с помощью функции напряжений. Смягчение граничных условий. Решение плоской задачи с помощью одинарных тригонометрических рядов (решение Файлона). Решение Рибьера. Плоская задача в полярных координатах. Основные уравнения. Осесимметричное поле напряжений. Неосесимметричное поле напряжений. Температурные напряжения.

Тема 5. Объёмные задачи теории упругости

Чистый изгиб призматического бруса. Кручение призматических стержней. Кручение стержней с поперечным сечением в виде узкого прямоугольника. Сила, действующая на полупространство (задача Буссинеска). Задача о давлении двух тел друг на друга.

Тема 6. Приближённые методы решения линейных задач теории упругости

Метод конечных разностей (МКР). Применение МКР при решении плоской задачи. Применение МКР в задачах изгиба пластин. Понятие о вариационно-разностном методе. Метод Бубнова-Галеркина. Метод Канторовича-Власова. Метод конечных элементов (МКЭ). Построение матрицы жёсткости конечного элемента. Общая процедура расчёта по МКЭ. Метод граничных элементов (МГЭ).

Тема 7. Основы расчёта тел из упругопластического материала

Основные понятия и определения. Условия пластичности. Простое и сложное нагружение. Теория малых упругопластических деформаций. Теория пластического течения. Разгрузка. Постановка задач теории пластичности. Вариационные принципы теории пластичности. Теорема о простом нагружении. Теорема о разгрузке. Метод упругих решений. Кручение призматических стержней. Плоская задача теории пластичности. Упругопластическое осесимметричное состояние толстостенной трубы. Линии скольжения. Задача о вдавливании плоского штампа. Учёт упрочнения материала. Изгиб пластин. Несущая способность пластин. Несущая способность полигональных пластин.

Тема 8. Основы расчета вязкоупругих тел

Зависимость между напряжениями и деформациями при одноосном напряжённом состоянии вязкоупругих тел. Соотношения между напряжениями и деформациями при объёмном напряжённом состоянии. Принцип

Вольтерры. Вариационные принципы теории вязкоупругости. Плоская задача теории вязкоупругости. Изгиб пластин. Численное решение интегральных уравнений Вольтерры.

4.3. Практические занятия

Но- мер раз- дела, темы	Наименование разде- ла, темы	Наименование практического занятия	Норматив времени, час.
1	Теория напряжён- деформированного со- стояния в точке	Напряжён-деформированное состояние в точке	9 сем.
			1
2	Основные уравнения теории упругости	Три группы основных уравнений теории упругости	1
4	Плоская задача теории упругости	Решение плоских задач теории упругости	2
5	Объёмные задачи тео- рии упругости	Решение объёмных задач теории упруго- сти	2
		Рубежный контроль №1	2
7	Основы расчёта тел из упругопластического материала	Решение задач теории пластичности при упругопластических материалах	3
8	Основы расчета вязко- упругих тел	Решение задач теории пластичности для вязкоупругих тел	3
		Рубежный контроль №2	2
Всего:			16

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующего практического занятия.

Преподавателем запланировано использование при чтении лекций технологии учебной дискуссии. Поэтому рекомендуется фиксировать для себя интересные моменты с целью их активного обсуждения на дискуссии в конце лекции.

На практических занятиях с целью усвоения и закрепления теоретического материала преподаватель у доски демонстрирует решение типовых задач. При этом используются технологии коллективного взаимодействия, разбора конкретных ситуаций. Приветствуется активное участие обучающихся в

решении (как правило, коротких фрагментов) задач с выходом к доске и пояснением хода расчетов, а также обсуждение получаемых результатов.

Для текущего контроля успеваемости преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на практических занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высоких баллов по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к практическим занятиям, к рубежным контролям, подготовку к экзамену.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.
Самостоятельное изучение тем дисциплины:	57
Теория напряжённо-деформированного состояния в точке	9 сем.
Основные уравнения теории упругости	6,5
Вариационная формулировка задач теории упругости	6,5
Плоская задача теории упругости	6,5
Объёмные задачи теории упругости	6,5
Приближённые методы решения линейных задач теории упругости	6,5
Основы расчёта тел из упругопластического материала	9
Основы расчета вязкоупругих тел	9
Подготовка к практическим занятиям (по 1 часу на каждое занятие)	8
Подготовка к рубежным контролям (по 2 часа на каждый рубеж)	4
Подготовка к экзамену	27
Всего:	96

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ

2. Банк тестовых заданий к рубежным контролям № 1, 2
3. Перечень вопросов к экзамену

6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы студентов по дисциплине

№	Наименование	Содержание					
		Распределение баллов за 9 сем.					
		Вид учебной работы:	Посещение лекций	Посещение практических занятий и активность на них	Рубежный контроль №1	Рубежный контроль №2	Экзамен
1	Распределение баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии)	Балльная оценка:	до 32	до 18	до 10	до 10	до 30
		Примечания:	16 лекций по 2 балла	За посещение «обычных» практических занятий – по 1,5 балла (6x1,5=9) и за активность на них – по 1,5 балла (6x1,5=9)	На 4-м практическом занятии	На 8-м практическом занятии	
		Корректирующий коэффициент К: К=2 за активную работу; К=0,5 за опоздание не более чем на 15 мин; К=0 за опоздание более чем на 15 мин, за грубое нарушение дисциплины на занятиях: порча имущества, сон, игры, шум, телефонные звонки, SMS, MMS, нахождение в нетрезвом состоянии, демонстрация пренебрежительного отношения к занятиям и окружающим.					
2	Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и экзамена	60 и менее баллов – неудовлетворительно; 61...73 – удовлетворительно; 74...90 – хорошо; 91...100 – отлично					
3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического экзамена по дисциплине, возможность получения бонусных баллов	<p>Для допуска к промежуточной аттестации (к экзамену) студент должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов и выполнить все практические занятия.</p> <p>Для «автоматического» получения экзаменационной оценки «удовлетворительно» студенту необходимо набрать за семестр 68 баллов.</p> <p>По согласованию с преподавателем студенту, набравшему 68 баллов, могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за высокие достижения в значимых учебных, методических и научно-исследовательских мероприятиях университета и выставлена за экзамен «автоматически» оценка «хорошо» или «отлично».</p>					

4	<p>Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) студентов для получения недостающих баллов в конце семестра</p>	<p>В случае, если к промежуточной аттестации набрана сумма менее 50 баллов и не выполнены все задания, студенту необходимо выполнить дополнительные задания до конца последней (зачетной) недели.</p> <p>Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> – написание лекции по пропущенной теме, отчета по пропущенному практическому занятию и их защита (за предоставление материала начисляется 1/2 из пропущенных баллов, за защиту – еще 1/2 из пропущенных баллов); – прохождение рубежного контроля (вместо пропущенного или неудовлетворительного); – разработка учебной модели, компьютерной программы, мультимедийного и др. продукта для применения в курсе «Теория упругости и пластичности» (от 4 до 40 баллов за каждую разработку, при этом общая сумма баллов к промежуточной аттестации не может превышать 70). <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяются преподавателем.</p>
---	--	---

6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежные контроли проводятся в форме письменного тестирования.

Перед проведением рубежного контроля преподаватель прорабатывает со студентами основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

Варианты тестовых заданий для рубежных контролей состоят из 20 вопросов. За правильный ответ на 1 вопрос на рубежных контролях начисляется 0,5 балла.

На каждое тестирование при рубежном контроле студенту отводится время не менее 60 минут.

Преподаватель оценивает в баллах результаты тестирования каждого студента по количеству правильных ответов и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Промежуточный контроль знаний (экзамен) студентов проводится в традиционном виде по вопросам. Студент отвечает на 2 теоретических вопроса, что позволяет обучающимся продемонстрировать свои навыки представления и изложения материала, развить грамотную техническую речь. Каждый теоретический вопрос оценивается до 15 баллов.

Для получения высоких баллов на экзамене не допускается списывание, использование подсказок, шпаргалок, карманных компьютеров, телефонов и др. Время, отводимое студенту на экзамене, составляет 2 астрономических часа.

Результаты текущего контроля успеваемости и экзамена заносятся преподавателем в экзаменационную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день экзамена, а также выставляются в зачетную книжку студента.

6.4. Примеры оценочных средств для рубежных контролей и экзамена

Примеры тестовых вопросов для рубежного контроля №1

ЗАДАНИЕ №1: выберите номер правильного ответа.

Максимальные касательные напряжения определяются формулой...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) $\tau_{\max} = \frac{1}{3} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}$;
- 2) $\tau_{\max} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$;
- 3) $\tau_{\max} = \sqrt{\sigma_v^2 - \sigma_n^2}$.

ЗАДАНИЕ №2: выберите номер правильного ответа.

Инварианты тензора напряжений сохраняются при замене...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) системы координат;
- 2) нагрузки;
- 3) граничных условий.

ЗАДАНИЕ №3: выберите номер правильного ответа.

Обобщённый закон Гука для изотропного тела описывается выражением...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) $\sigma_{ij} = 2\mu\varepsilon_{ij} + \lambda\theta\delta_{ij}$;
- 2) $U = \frac{1}{2}\sigma_{ij}\varepsilon_{ij}$;
- 3) $\varepsilon_{ii,jj} + \varepsilon_{jj,ii} - 2\varepsilon_{ij,ji} = 0$.

Примеры тестовых вопросов для рубежного контроля №2

ЗАДАНИЕ №1 (выберите номер правильного ответа)

Условный предел текучести представляет собой

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) напряжение при $\varepsilon = 0,2\%$;
- 2) зависимость $\sigma_u = \Phi(\varepsilon_u)$;
- 3) предел текучести при повторном нагружении.

ЗАДАНИЕ №2 (выберите номер правильного ответа)

Теория идеальной пластичности предполагает в пластической области постоянство

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) напряжений и деформаций;
- 2) деформаций;
- 3) напряжений.

ЗАДАНИЕ №3 (выберите номер правильного ответа)

Условие пластичности Хубера–Мизеса–Хенки имеет вид

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) $\sigma_u = \sigma_T$;
- 2) $\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_T$;
- 3) $f_1(J_{2d}, J_{3d}) = 0$;
- 4) $\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2 = \sigma_T^2$.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Нагрузки и напряжения. Тензор напряжений. Главные напряжения.
2. Наибольшие касательные напряжения. Октаэдрическое касательное напряжение.
3. Разложение тензора напряжений на шаровой тензор и девиатор напряжений.
4. Интенсивность напряжений.
5. Перемещения и деформации в точке тела. Тензор деформаций. Главные деформации.
6. Шаровой тензор деформаций и девиатор деформаций.
7. Интенсивность деформаций.
8. Три группы основных уравнений. Уравнения равновесия элемента тела (статические уравнения). Геометрические уравнения.
9. Уравнения совместности деформаций.
10. Физические уравнения теории упругости.
11. Понятие о методе напряжений и методе перемещений.
12. Принцип Сен-Венана.
13. Энергия деформируемого тела как функционал. Вариационный принцип Лагранжа.
14. Связь между вариационной и дифференциальной формулировками задач теории упругости. Метод Ритца.
15. Принцип Кастильяно. Применение принципа Кастильяно для приближённого решения задач теории упругости.
16. Плоское напряжённое состояние и плоская деформация. Основные уравнения плоской задачи. Разрешающие уравнения в перемещениях и напряжениях.
17. Использование функции напряжений. Элементарные решения с помощью функции напряжений. Смягчение граничных условий.
18. Решение плоской задачи с помощью одинарных тригонометрических рядов (решение Файлона). Решение Рибьера.
19. Плоская задача в полярных координатах. Основные уравнения. Осесимметричное поле напряжений. Неосесимметричное поле напряжений.
20. Чистый изгиб призматического бруса.
21. Кручение призматических стержней. Кручение стержней с поперечным сечением в виде узкого прямоугольника.
22. Сила, действующая на полупространство (задача Буссинеска).
23. Задача о давлении двух тел друг на друга.
24. Метод конечных разностей (МКР). Применение МКР при решении плоской задачи. Применение МКР в задачах изгиба пластин.
25. Понятие о вариационно-разностном методе.
26. Метод Бубнова-Галеркина.
27. Метод Канторовича-Власова.
28. Метод конечных элементов (МКЭ). Построение матрицы жёсткости конечного элемента. Общая процедура расчёта по МКЭ.

29. Метод граничных элементов.
30. Основные понятия и определения теории пластичности. Условия пластичности. Простое и сложное нагружение. Разгрузка.
31. Теория малых упругопластических деформаций.
32. Теория пластического течения.
33. Вариационные принципы теории пластичности. Теорема о простом нагружении. Теорема о разгрузке. Метод упругих решений.
34. Постановка задач теории пластичности. Кручение призматических стержней.
35. Упругопластическое осесимметричное состояние толстостенной трубы. Линии скольжения.
36. Задача о вдавливании плоского штампа. Учёт упрочнения материала.
37. Несущая способность пластин. Несущая способность полигональных пластин.
38. Зависимость между напряжениями и деформациями при одноосном напряжённом состоянии вязкоупругих тел.
39. Соотношения между напряжениями и деформациями при объёмном напряжённом состоянии вязкоупругих тел.
40. Принцип Вольтерры. Численное решение интегральных уравнений Вольтерры.
41. Вариационные принципы теории вязкоупругости.
42. Плоская задача теории вязкоупругости. Изгиб пластин.

6.5. Фонд оценочных средств

Полный банк заданий для текущего, рубежных контролей и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

7.1. Основная учебная литература

1. Горшков А.Г. Теория упругости и пластичности / А.Г. Горшков, Э.И. Старовойтов., Д.В. Тарлаковский [Электронный ресурс] : учебник. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 416 с. – Доступ из ЭБС «Консультант студента».

7.2. Дополнительная учебная литература

1. Кожаринова Л.В. Основы теории упругости и пластичности / Л.В. Кожаринова [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Москва : Изд-во АСВ, 2010. – 136 с. – Доступ из ЭБС «Консультант студента».

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Методические рекомендации к практическим занятиям:

Теория упругости и пластичности : учебно-методическое пособие / В.Е. Буланов, А.Н. Гузачев. – Тамбов : изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. – 44 с.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Плакаты, макеты и модели упругих и упругопластичных тел.

Аннотация к рабочей программе дисциплины
«Теория упругости и пластичности»

образовательной программы высшего образования –
программы специалитета

01.05.01 – Фундаментальные математика и механика

Направленность (профиль):

Математическое и компьютерное моделирование механических систем

Трудоемкость дисциплины: 4 ЗЕ (144 академических часа)

Семестр: 9 (очная форма обучения)

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Содержание дисциплины

Теория напряжённо-деформированного состояния в точке. Основные уравнения теории упругости. Вариационная формулировка задач теории упругости. Плоская задача теории упругости. Объёмные задачи теории упругости. Приближённые методы решения линейных задач теории упругости. Основы расчёта тел из упругопластического материала. Основы расчёта вязкоупругих тел.